

УДК 546.22

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СЛОИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А. В. Поздин¹, Л. Н. Маскаева², В. Ф. Марков³

^{1,2,3} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ andrej.pozdin@yandex.ru

Аннотация. Химическим осаждением получены тонкие пленки твердого раствора $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ *n*- и *p*-типа проводимости, исследованы их морфология и элементный состав. Сделан вывод о возможности применения твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ для создания гетероперехода в производстве солнечных элементов.

Ключевые слова: гидрохимическое осаждение, тонкие пленки, твердые растворы $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$, солнечные элементы

THIN-FILM LAYERS OF SOLID SOLUTIONS $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ — PROSPECTIVE COMPOUNDS FOR THE CREATION OF SOLAR ELEMENTS

A. V. Pozdin¹, L. N. Maskaeva², V. F. Markov³

^{1,2,3} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ andrej.pozdin@yandex.ru

Abstract. Thin films of the *n*- and *p*-type $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ solid solution were obtained by chemical deposition, and their morphology and elemental composition were studied. It is concluded that it is possible to use $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ solid solutions to create a heterojunction in the production of a solar cells.

Keywords: hydrochemical deposition, thin films, solid solutions $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$, solar cells

Длительное время не ослабевает интерес к трехкомпонентным пленкам на основе полупроводниковых соединений $\text{A}^{\text{II}}-\text{B}^{\text{VI}}$

и $A^{IV}-B^{VI}$, расширяющих возможность модификации структурных, полупроводниковых и функциональных свойств бинарных халькогенидов металлов. К одним из наиболее востребованных тонкопленочных соединений можно отнести твердые растворы замещения в системе $PbS-CdS$, поскольку, варьируя содержание кадмия в структуре сульфида свинца, возникает возможность влиять на ширину запрещенной зоны материала в пределах 0,41–2,42 эВ, а также на его основные электрофизические свойства. Это позволяет значительно расширить области практического использования твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$. Одной из перспективных областей применения этих соединений является фотовольтаика, т. е. создание фотоэлементов с p - n -переходом [1].

Тонкопленочные твердые растворы $Cd_xPb_{1-x}S$ получали химическим осаждением из реакционной смеси, содержащей фиксированные концентрации ацетата свинца $Pb(CH_3COO)_2$, цитрата натрия $Na_3C_6H_5O_7$, водного раствора аммиака NH_4OH и тиомочевины N_2H_4CS . Для получения тонкопленочных покрытий с различным типом проводимости использовали 0,06 и 0,08 М водные растворы хлорида кадмия $CdCl_2$. В качестве подложек при осаждении обсуждаемых пленок использовали стекло с проводящим слоем ИТО состава $(In_2O_3)_{0,9}(SnO_2)_{0,1}$. Предварительно обезжиренные подложки, закрепленные во фторопластовые держатели, помещали в герметичные реакторы из молибденового стекла, которые погружали в термостат марки ТС-ТБ-10. Синтез пленок осуществляли при температуре 353 К в течение 30 минут.

Толщину полученных пленок определяли с использованием интерференционного микроскопа Линника МИИ-4 М. Погрешность измерения составляла 20 %.

Исследование морфологии поверхности и элементного состава пленок проводили методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) с применением сканирующего растрового микроскопа JEOL JSM-5900LV с приставкой для энергодисперсионного анализа — рентгеновского спектрометра EDS Inca Energy 250.

Тип проводимости пленок определяли по знаку термоэдс при создании градиента температуры в области зондовых контактов.

Электронно-микроскопические изображения пленок твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$ толщиной 180–190 нм, полученных химическим осаждением из реакционной ванны, содержащей 0,06 и 0,08 М соли кадмия, демонстрирует рис. 1.

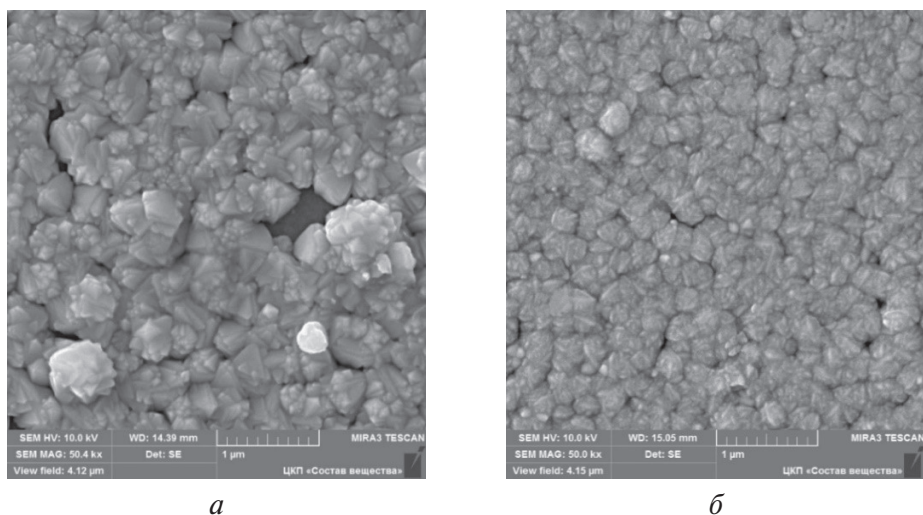


Рис. 1. Электронно-микроскопические изображения пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$, синтезированных в течение 30 мин при 353 К на подложках из стекла + ИТО при концентрации соли CdCl_2 0,06 (а) и 0,08 М (б)

Анализ электронно-микроскопических изображений пленок показывает, что концентрация соли кадмия влияет на архитектуру и размеры кристаллитов, из которых образована пленка $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ (рис. 1). При концентрации CdCl_2 0,06 М в реакционной ванне получена пленка, представляющая собой неоднородную микроструктуру со степенью сплошности $\sim 80\text{--}85\%$. Слой состоит из небольшого количества отдельных кристаллитов, между которыми располагаются сплюснутые пирамидки со сглаженными гранями и друзы в форме цветкообразных агрегатов (рис. 1, а). Весьма однородной, состоящей из глобул примерно одинакового размера (~ 220 нм), в состав которых входят более мелкие сферические частицы преимущественно размером 45–70 нм, выглядит пленка $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$, синтезированная из реактора при 0,08 М CdCl_2 (рис. 1, б).

Для установления элементного состава синтезированных пленок проведен энергодисперсионный микроанализ, согласно которому содержание серы в обсуждаемых образцах составило 48,54 и 50,55 ат. %, свинца — 46,04 и 2,67 ат. %, а количество кадмия — 5,42 и 46,78 ат. % при концентрациях соли кадмия 0,06 и 0,08 М соответственно.

Измерение типа проводимости исследуемых пленок, осуществляемое по знаку термоэдс при создании градиента температур в области

зондовых контактов, показало, что слои $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$, полученные из реакционной смеси, содержащей 0,06 М CdCl_2 , обладают n -типом проводимости, а при 0,08 М CdCl_2 имеют p -тип проводимости.

Таким образом, синтезированные в настоящей работе тонкопленочные слои $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ с n - и p -типом проводимости можно рекомендовать для создания на их основе гетероструктур (рис. 2), востребованных солнечной энергетикой.

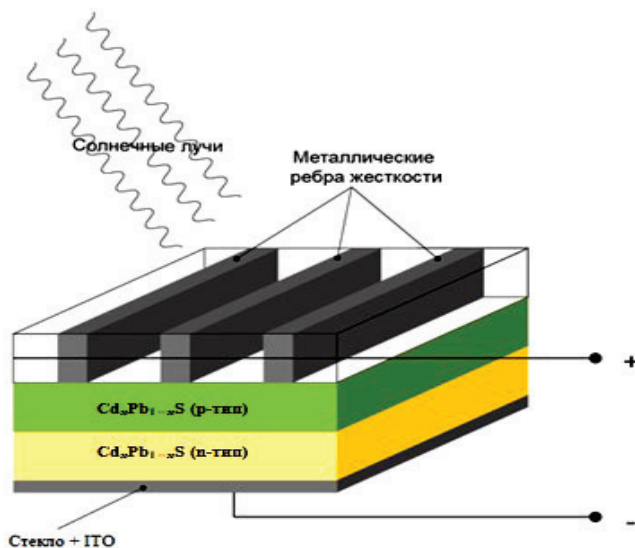


Рис. 2. Структура солнечного элемента

Формирование гетероструктур на базе относительно простых соединений ($\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$), полученных по технологии, исключающей необходимость в сложном дорогостоящем оборудовании, использовании высоких температур и давлений, является несомненным преимуществом по сравнению с физическими методами синтеза.

Список источников

1. Growth mechanism and transport properties of chemically deposited $\text{Pb}_x\text{Cd}_{1-x}\text{S}$ thin film's photoelectrochemical (PEC) solar cell [Electronic resource] / K. E. Suryavanshi [et al.] // Optik. 2020. Vol. 218. P. 165008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.165008> (date of access: 14.11.2020).